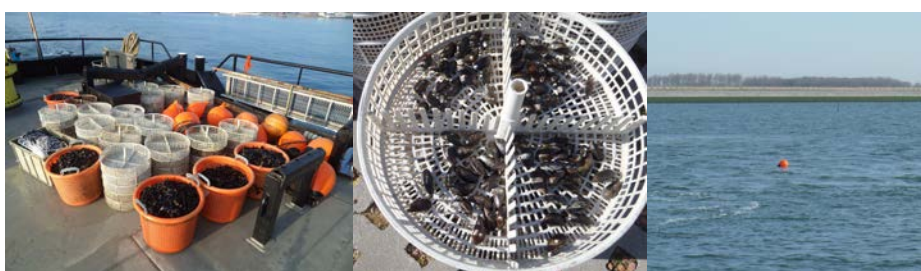


Proefsuppletie Schelphoek: Monitoring effecten op mosselgroei

J.W.M. Wijsman, E. Brummelhuis

Rapport C064/13



IMARES Wageningen UR

(IMARES - Institute for Marine Resources & Ecosystem Studies)

Opdrachtgever:

Rijkswaterstaat, Water, Verkeer en Leefomgeving
Postbus 17
8200 AA Lelystad

Publicatiedatum:

Mei 2013

IMARES is:

- een onafhankelijk, objectief en gezaghebbend instituut dat kennis levert die noodzakelijk is voor integrale duurzame bescherming, exploitatie en ruimtelijk gebruik van de zee en kustzones;
- een instituut dat de benodigde kennis levert voor een geïntegreerde duurzame bescherming, exploitatie en ruimtelijk gebruik van zee en kustzones;
- een belangrijke, proactieve speler in nationale en internationale mariene onderzoeksnetwerken (zoals ICES en EFARO).

P.O. Box 68 1970 AB IJmuiden Phone: +31 (0)317 48 09 00 Fax: +31 (0)317 48 73 26 E-Mail: imares@wur.nl www.imares.wur.nl	P.O. Box 77 4400 AB Yerseke Phone: +31 (0)317 48 09 00 Fax: +31 (0)317 48 73 59 E-Mail: imares@wur.nl www.imares.wur.nl	P.O. Box 57 1780 AB Den Helder Phone: +31 (0)317 48 09 00 Fax: +31 (0)223 63 06 87 E-Mail: imares@wur.nl www.imares.wur.nl	P.O. Box 167 1790 AD Den Burg Texel Phone: +31 (0)317 48 09 00 Fax: +31 (0)317 48 73 62 E-Mail: imares@wur.nl www.imares.wur.nl
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

© 2013 IMARES Wageningen UR

IMARES, onderdeel van Stichting DLO.
KvK nr. 09098104,
IMARES BTW nr. NL 8113.83.696.B16.
Code BIC/SWIFT address: RABONL2U
IBAN code: NL 73 RABO 0373599285

De Directie van IMARES is niet aansprakelijk voor gevolgschade, noch voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van IMARES; opdrachtgever vrijwaart IMARES van aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

Dit rapport is vervaardigd op verzoek van de opdrachtgever hierboven aangegeven en is zijn eigendom. Niets uit dit rapport mag weergegeven en/of gepubliceerd worden, gefotokopieerd of op enige andere manier gebruikt worden zonder schriftelijke toestemming van de opdrachtgever.

A_4_3_1-V13.1

Inhoudsopgave

Samenvatting	4
1 Inleiding	5
1.1 Achtergrond	5
1.2 Vraagstelling	6
1.3 Doelstelling	6
1.4 Aanpak	7
1.5 Dankwoord	7
2 Materiaal en methoden	8
2.1 Onderzoeksgebied	8
2.2 Metingen van groei in manden	9
2.3 Analyse van veilinggegevens	12
2.4 Data analyse	12
3 Resultaten	13
3.1 Groeimetingen	13
3.1.1 Initiele lengteverdeling	13
3.1.2 Schelplengte	13
3.1.3 Gewicht	16
3.1.4 Vleespercentage	18
3.1.5 Overleving	21
3.2 Veilinggegevens	23
4 Conclusie en discussie	27
5 Kwaliteitsborging	29
6 Referenties	30
Verantwoording	31

Samenvatting

Van 26 september tot 1 oktober 2011 zijn er door Rijkswaterstaat suppletiewerkzaamheden uitgevoerd met zand in de Schelphoek (Oosterschelde). Om de eventuele effecten op de groei van de mosselen op de nabijgelegen mosselpercelen te kunnen monitoren is de mosselgroei gedurende 2 jaar (2011 en 2012) maandelijks gevolgd in een experimentele opzet op een 5-tal locaties gelegen op toenemende afstand (500 – 1700 m) van de suppletiewerkzaamheden.

Tijdens de 2 weken van baggerwerkzaamheden is er een duidelijke achteruitgang te zien in gewicht en vleespercentage van de mosselen op één locatie (locatie 4). Ook op het nabijgelegen perceel (Hammen 25) is door de betreffende kweker een grote sterfte van mosselen gemeld. Echter op de locaties die dicht bij de suppletiewerkzaamheden liggen (locaties 1, 2 en 3) nemen de gewichten niet af tijdens de werkzaamheden. Ook op locatie 5 is geen effect geobserveerd. Het is daarom niet mogelijk de effecten direct te relateren aan de suppletiewerkzaamheden.

De vleespercentages van de mosselen die in 2011 uit het onderzoeksgebied (Hammen 19 tot en met Hammen 30) zijn aangeboden aan de veiling in Yerseke waren aanzienlijk lager dan die van de overige percelen in de Hammen. Alle leveringen uit het onderzoeksgebied zijn echter gedaan voordat de suppletiewerkzaamheden hebben plaatsgevonden zodat er geen directe relatie kan worden gelegd tussen de lage vleespercentages en de werkzaamheden. Mogelijk hebben de kwekers uit voorzorg de mosselen geleverd aan de veiling. In 2012 zijn de vleespercentages van de mosselen uit het onderzoeksgebied zeer goed in vergelijking met de overige percelen in de Hammen. Ook in de experimentele units zijn de mosselen in 2012 harder gegroeid dan in 2011.

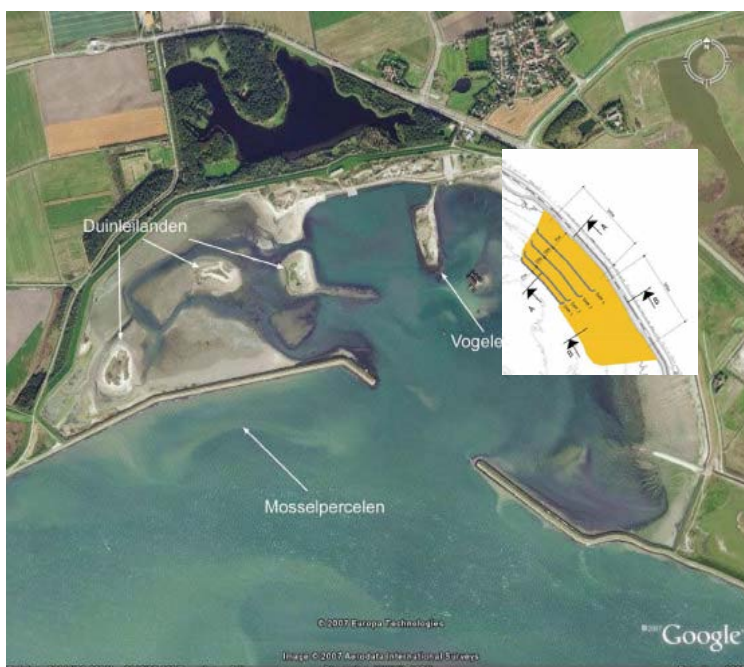
Op basis van deze resultaten kan worden geconcludeerd dat er geen duidelijke directe indicatie is van een effect van de suppletiewerkzaamheden op de groei en sterfte van de mosselen op de nabijgelegen kweekpercelen.

1 Inleiding

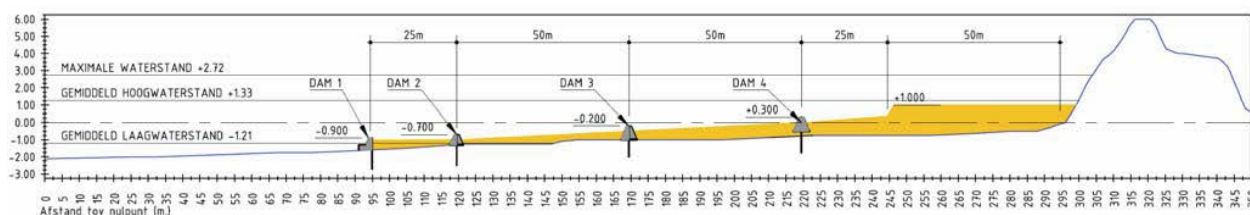
1.1 Achtergrond

Als gevolg van de aanleg van de stormvloedkering en de compartimenteringdammen in de Oosterschelde stroomt er minder water door de geulen en zijn de stroomsnelheden afgenomen. Het morfologisch evenwicht is daardoor verstoord en er vindt een netto sedimentatie plaats in de geulen (zandhonger, Van Zanten en Adriaanse, 2008). Deze zandhonger zal doorzetten tot de morfologische dimensies van de geulen zijn aangepast aan de volumetransporten van het water. Om aan de zandhonger te kunnen voldoen is er aanvoer van sediment nodig. De stormvloedkering vormt een barrière voor de aanvoer van zand vanuit de Noordzee en rivieren die eventueel sediment kunnen aanvoeren zijn omgeleid. De slikken en platen van de Oosterschelde zijn daardoor een belangrijke bron van sediment om de zandhonger te kunnen stillen. Als gevolg hiervan zakken de slikken en platen en neemt het areaal intergetijdengebied af. Dit intergetijdengebied heeft een belangrijke natuurwaarde en is ook van belang voor de kustbescherming.

Een van de mogelijkheden om de gevolgen van de zandhonger te vertragen is het suppleren van sediment op de slikken en platen. Omdat weinig bekend is over aanlegkosten, effectiviteit, te verwachten levensduur en effecten van suppleties op natuur, troebelheid en de gebruikers (mossel- en oesterkweek, vissers, duikers en recreatie) is beproeving van de maatregelen in de praktijk noodzakelijk. Eén van deze proeven is de suppletieproef in de Schelphoek (W&B, 2010). In deze proef, die is uitgevoerd in het najaar van 2011, is een suppletie uitgevoerd van ongeveer 85 000 m³ zand die voor de helft (suppletie A) is beschermd tegen golfslag door middel van dammetjes van breuksteen (Figuur 1). De dammetjes zijn ongeveer 300 m lang, 50 cm breed en steken 30 cm boven het zand uit (Figuur 2). Het zuidelijke deel van de proefsuppletie (suppletie B) is niet beschermd met breuksteen. De totale proef beslaat een oppervlakte van 600 m bij 200 m. De hoogte van de suppletie is maximaal 75 cm langs de dijk en neemt geleidelijk af bij toenemende afstand tot de dijk. Het zand voor de suppletie is gewonnen uit de diepe geulen van de aanloop naar de Roompotsluis in de Oosterschelde (Van Zanten, 2013).



Figuur 1: Overzicht van de proefsuppletie Schelphoek. Suppletie A is de suppletie met verdediging door breuksteen. Suppletie B is de traditionele suppletie zonder breuksteen (W&B, 2010).



Figuur 2: Dwarsdoorsnede van suppletie A met de dammen van breuksteen (W&B, 2010)

Het aangebrachte zand moet zich geleidelijk over het voorliggende slik verspreiden met een snelheid waarbij bodemdieren niet massaal begraven worden door wegspoelend zand. Het wegspoelen naar de zone beneden de laagwaterlijn wordt bemoeilijkt door de cascade oeververdediging. De proef Schelphoek maakt onderdeel uit van de MIRT Verkenning zandhonger (W&B, 2011). Het hoofddoel van deze MIRT Verkenning is om na te gaan of er effectieve maatregelen zijn voor het afremmen van het erosieproces. Met de proef in Schelphoek wordt bepaald of een gecombineerde dijkvoetsuppletie met cascadedrempels een effectieve oplossing is voor de bescherming van slikken.

1.2 Vraagstelling

Er is een uitgebreid monitoringsplan opgesteld om de proef te kunnen evalueren (W&B, 2010). Eén van de vragen hierbij was om het effect op de mosselen op de nabijgelegen mosselpercelen in kaart te brengen. Als gevolg van de suppletiewerkzaamheden en de erosie van de suppleties kunnen de concentraties zwevend stof in de waterkolom worden verhoogd. Als de concentratie zwevend stof in het water te hoog wordt, neemt de voedselopname van de mosselen af (Wijsman e.a., 2012). Verhoogde concentraties zwevend stof zouden hierdoor mogelijk effecten kunnen hebben op de groei en ontwikkeling van de mosselen op de nabijgelegen percelen. Mosselkwekers, die percelen in de buurt van de suppletie pachten, zouden mogelijk schade kunnen hebben opgelopen door verminderde productie van de percelen als gevolg van de suppletie. De mosselkwekers hebben daarom RWS verzocht de mosselgroei op hun percelen te volgen door middel van monitoring.

1.3 Doelstelling

Het project is onderdeel van een breder monitoringsprogramma dat wordt uitgevoerd door Rijkswaterstaat. In dit monitoringsprogramma worden hydrodynamische metingen gedaan, worden morfologische veranderingen in kaart gebracht en worden ecologische ontwikkelingen gemonitord. De ecologische ontwikkelingen bestaan uit de bemonstering van bodemdieren en vogeltellingen (W&B, 2010). Het doel van de proef en de bijbehorende monitoring is te onderzoeken hoe het zand uit de suppletie zich door de werking van het getij en de golven gaat verspreiden en wat de effecten hiervan zijn op bodemligging, morfologie, golven, stroming en rekolonisatie door bodemdieren. Om te onderzoeken of een cascade suppletie het wegspoelen van zand richting de geul beter weet te vertragen dan een traditionele suppletie worden beide typen naast elkaar aangelegd en met elkaar vergeleken.

Het doel van deze deelstudie is de groei en ontwikkeling van de mosselen op de percelen in kaart te brengen gedurende het jaar van suppletie en het jaar volgend op de suppletie.

1.4 Aanpak

Er is, in overleg met de opdrachtgever, voor gekozen om dit onderzoek te beperken tot twee type onafhankelijke metingen n.l. het meten van de groei en ontwikkeling van mosselen op de percelen en een historische analyse van de veilinggegevens.

De groei en ontwikkeling van de mosselen op de percelen is gemeten aan mosselen in manden op 5 locaties met toenemende afstand van de suppletie gedurende twee seizoenen (2011 en 2012). Maandelijks zijn er mosselen verzameld en doorgemeten (lengte, gewicht). De groei van de mosselen in de manden kan worden gezien als een indicator van de groei van de mosselen op de percelen (De Mesel e.a., 2009). Echter de groeiomstandigheden in de manden zal niet identiek zijn aan die op het perceel. Om dit te kunnen ondervangen zijn naast de metingen in de manden ook historische veilinggegevens geanalyseerd. De kwaliteit van de mosselen die zijn geleverd van de percelen in het gebied bij de Schelphoek zijn vergeleken met de gemiddelde kwaliteit in het gebied, zowel tijdens de jaren 2011 en 2012 als ook de periode voor de suppletie.

De verwachting is dat als er een effect is van de suppletie, deze zich eerder zal uiten bij de locaties in de buurt van de suppletie. Tevens kan er worden verwacht dat de effecten in het jaar van de suppletie (2011) groter zullen zijn dan in 2012.

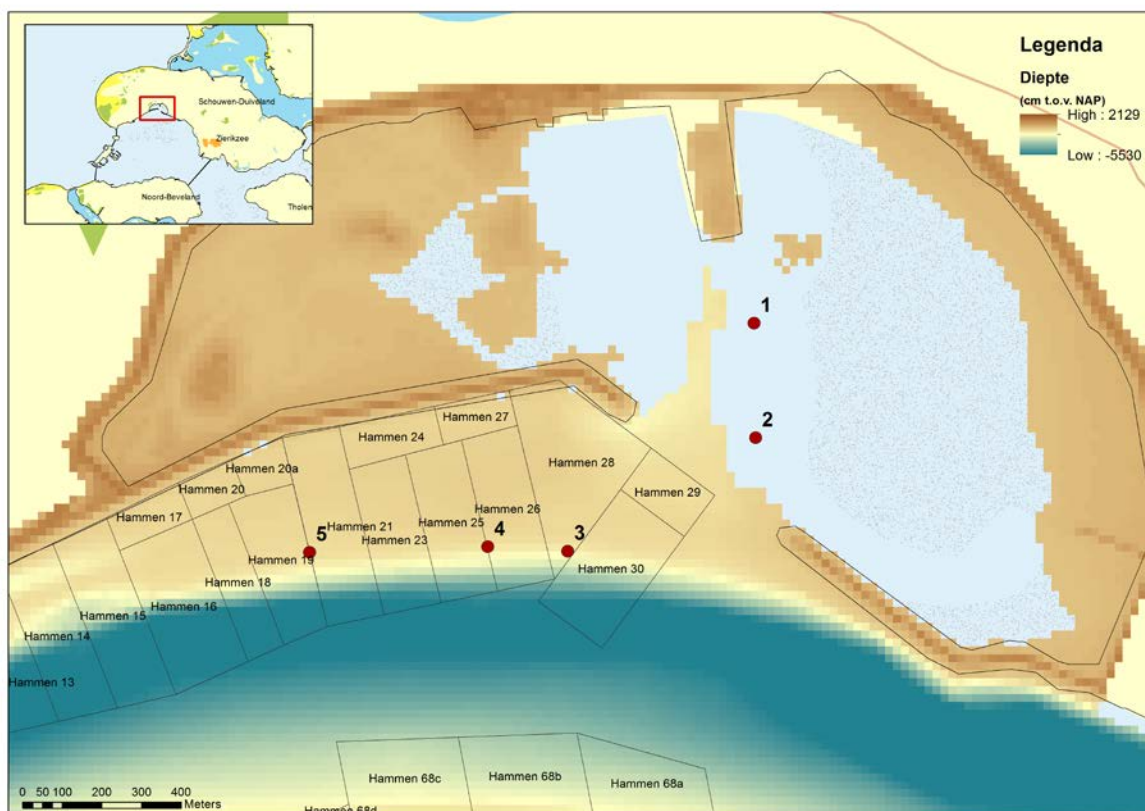
1.5 Dankwoord

Dank gaat uit naar de bemanning van MS Regulus en MS de Valk voor het uitvoeren van de bemonstering. Tevens willen we Pauline Kamermans en Sander Glorius danken voor het reviewen van dit rapport.

2 Materiaal en methoden

2.1 Onderzoeksgebied

Het onderzoeksgebied de Schelphoek is gelegen in het westelijk deel van de Oosterschelde aan de zuidkust van Schouwen. De Schelphoek is ontstaan door een dijkdoorbraak tijdens de ramp van 1953. De diepe stroomgeulen die toen zijn ontstaan maakten het herstel van de oorspronkelijk dijk onmogelijk. Daarom werd ruim tweehonderd hectare landbouwgrond opgeofferd. Er werd een nieuwe ruim vier kilometer lange ringdijk (caissons gevuld met zand en klei) om die geulen aangelegd. Tijdens de bouw van de stormvloedkering is de Schelphoek gebruikt als werkhaven.



Figuur 3: Ligging onderzoeksgebied Schelphoek. Rode bollen zijn de meetlocaties. Locatie 1 en 2 liggen binnen de Schelphoek. Locaties 3, 4 en 5 liggen op de grenzen van de mosselpercelen.

De proefsuppletie is uitgevoerd langs de dijk in het noordoosten van de Schelphoek. Dit gebied is relatief ondiep. Het staat voornamelijk onderhevig aan de golfwerking bij zuidwestelijke wind. De mosselpercelen bevinden zich aan de buitenkant van de Schelphoek. Aan de overkant van de geul, tegen de Roggenplaat liggen ook nog een aantal percelen. De suppletiewerkzaamheden zijn uitgevoerd van 26 september tot 1 oktober 2011.

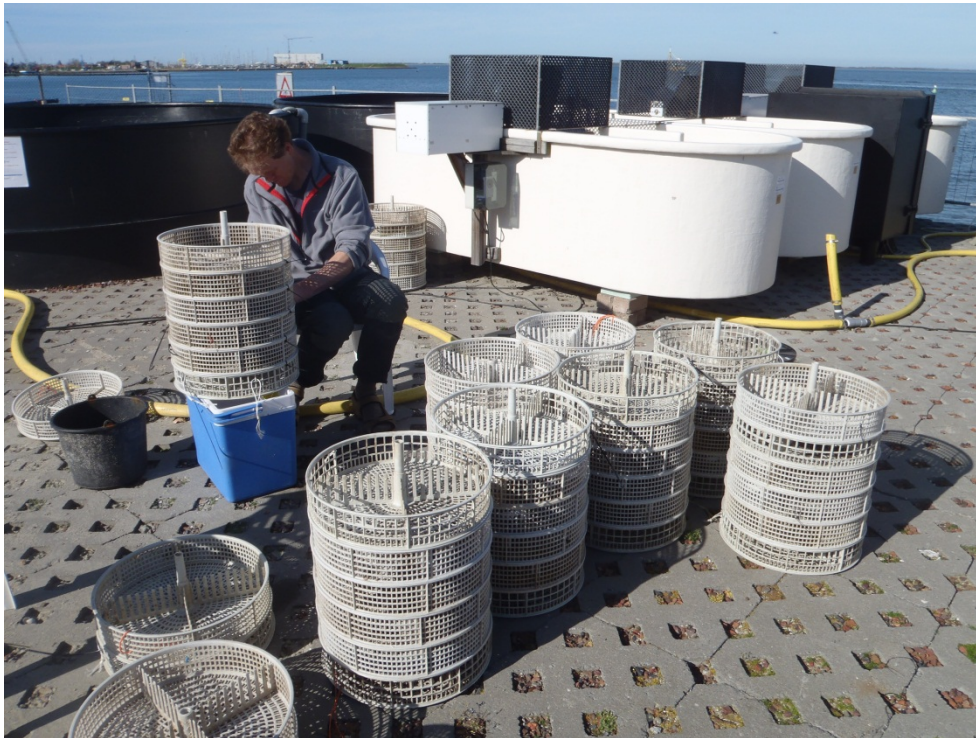
De meetlocaties 1 tot en met 5 liggen op toenemende afstand van de suppletie. Locaties 1 en 2 liggen zeer ondiep. De locaties zijn zo gekozen dat ze bij laagwater niet droogvallen. Locatie 3 ligt op een vrij perceel (Hammen 28). Locatie 4 ligt op de grenslijn van Hammen 25 en Hammen 26. Locatie 5 ligt op de grenslijn van Hammen 19 en Hammen 21.

2.2 Metingen van groei in manden

Om de groei van de mosselen te meten zijn in 2011 en in 2012 op de meetlocaties torens met gestapelde mandjes gevuld met halfwas mosselen geplaatst. In 2011 zijn er op iedere locatie 2 torens geplaatst. De torens bestonden uit 6 ringen (Figuur 4, links). De bovenste ringen waren leeg en dienden uitsluitend als deksel. De onderste ringen waren ook leeg om te voorkomen dat de mosselen in de slik wegzakken. Iedere ring is onderverdeeld in 4 compartimenten (Figuur 4, rechts). Aan het begin van het experiment zijn de compartimenten gevuld met ieder 20 mosselen van ongeveer gelijke lengte. In 2012 zijn er op iedere locatie 3 torens geplaatst. Dit om het risico van het verliezen van een complete toren door wegspoelen te beperken. Deze torens bestonden uit 3 gevulde ringen. De torens zijn verzwaard met een gewicht aan de onderkant en bevestigd aan een boei met 10 meter touw aan de bovenzijde.



Figuur 4: In 2011 bestond een toren uit 6 ringen (links). De onderste en bovenste ring zijn leeggelaten. Iedere ring is onderverdeeld in 4 compartimenten (rechts) waar 20 mosselen in zijn gebracht.



Figuur 5: Vullen van de torens met mosselen.

Bij de start van het experiment is uitgegaan van halfwas mosselen met een schelpenlengte van ongeveer 3.5 cm, die in de week voorafgaand aan het experiment door de bemanning van de *Regulus* zijn opgevisst van een kweekperceel in de Oosterschelde. Het voordeel van het gebruik van halfwas mosselen is dat deze het beste zullen groeien. In het veld hebben de mosselen een relatief grote spreiding. Voor de proef is het van belang dat de spreiding in de mosselen aan het begin van het experiment zo klein mogelijk is. Hoe kleiner de spreiding, hoe beter eventuele verschillen in groei statistisch kunnen worden aangetoond. In 2012 is er strenger geselecteerd om de variatie te minimaliseren. Uit de opgevisste voorraad mosselen zijn een 3000-tal mosselen uitgezocht van ongeveer 3.5 cm. Uit deze groep mosselen zijn random 5 monsters van 20 mosselen genomen. Van deze 100 mosselen is de individuele schelpenlengte gemeten. Per monster (20 mosselen) is het gewicht bepaald.

In 2011 zijn de manden met mosselen uitgezet op 7 april. Ze zijn er weer uitgehaald op 3 november. In 2012 zijn de manden uitgezet op 17 april en er weer uitgehaald op 29 oktober. Iedere maand zijn de mosselen bemonsterd (Tabel 1). Per locatie is er telkens 1 toren bemonsterd. Van deze toren zijn er in principe 3 compartimenten bemonsterd uit verschillende ringen. Per compartiment zijn de mosselen in een gelabelde zak gedaan en geanalyseerd. Bij de bemonstering op 3 mei 2011 is er slechts 1 compartiment per locatie bemonsterd.

Tabel 1: Overzicht van het aantal monsters per locatie, per ring in 2011. Iedere toren bestond uit 4 ringen. Ring 1 is de onderste ring en ring 4 is de bovenste ring die gevuld is met mosselen.

Datum	Locatie 1				Locatie 2				Locatie 3				Locatie 4				Locatie 5				Totaal
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
8-apr																					5
3-mei				1				1				1				1				1	5
9-jun			1	1		1	1	1		1	1	1		1	1	1		1	1	1	14
5-jul				1	1		1	1		1	1	1	1	1		1				1	11
4-aug				1	1		1	1	1		1	1	1		1	1	1	1			13
20-sep				1			1	1		1	1	1					1	1			9
3-okt		1	1			1	1	1	1		1	1		1	1				1	1	12
3-nov	2	1	1			2	1	1	1	1	2			1	2	1	1	1	2		20
Totaal	2	2	5	4	2	5	6	7	2	5	7	6	1	5	5	6	3	3	4	4	89

Tabel 2: Overzicht van het aantal monsters per locatie, per ring in 2012. Iedere toren bestond uit 3 ringen. Ring 1 is de onderste ring en ring 3 is de bovenste ring die gevuld is met mosselen

Datum	Locatie 1			Locatie 2			Locatie 3			Locatie 4			Locatie 5			Totaal
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
16-apr																5
21-mei	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15
18-jun	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15
9-jul	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15
6-aug	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15
4-sep	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15
2-okt	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15
29-okt	1	1	1	1	2		1	1	1	1	1	1	1	1	1	15
Totaal	7	7	7	7	8	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	110

Het aantal mosselen per compartiment is geteld en de schelpenlengte is gemeten met een elektronische schuifmaat. Per compartiment zijn de mosselen als groep gewogen. Het gemiddelde versgewicht is berekend door dit te delen op het aantal mosselen in het monster. De mosselen zijn vervolgens in kokend water gebracht tot de schelpen open gingen staan waarna het vlees is gewogen (vleesgewicht). Het vleespercentage (%) is berekend door het vleesgewicht te delen door het versgewicht. Het drooggewicht (70 °C) en het Asvrij Drooggewicht (540 °C) van het vlees is bepaald met behulp van een PrepAsh.

De drooggewicht en asvrij drooggewicht bepaling van locatie 5 op 4 september 2012 is mislukt. Het drooggewicht en asvrij drooggewicht is geschat uit het kookgewicht met een gemiddelde ratio tussen respectievelijk drooggewicht/vleesgewicht en asvrij drooggewicht/vleesgewicht.

2.3 Analyse van veilinggegevens

In deze studie is gebruik gemaakt van de veilinggegevens tot en met november 2012. Iedere partij mosselen uit de Oosterschelde die aan de handel wordt aangeboden wordt verkocht via de mosselveiling in Yerseke. Van iedere partij wordt onder meer geregistreerd om hoeveel mosselen het gaat (netto en bruto), van welk perceel het afkomstig is en wat de kwaliteit van de mosselen is (vleespercentage).

Het vleespercentage varieert door het seizoen en over de jaren. De gemiddelde vleespercentages per maand zijn per perceelgebied in de Oosterschelde (Figuur 26) berekend uit het gewogen gemiddelde van de individuele leveringen. De leveringen van de percelen Hammen 19 tot en met Hammen 30 (het onderzoeksgebied) zijn gerelateerd aan de gemiddelde vleespercentages van alle percelen uit de Hammen.

2.4 Data analyse

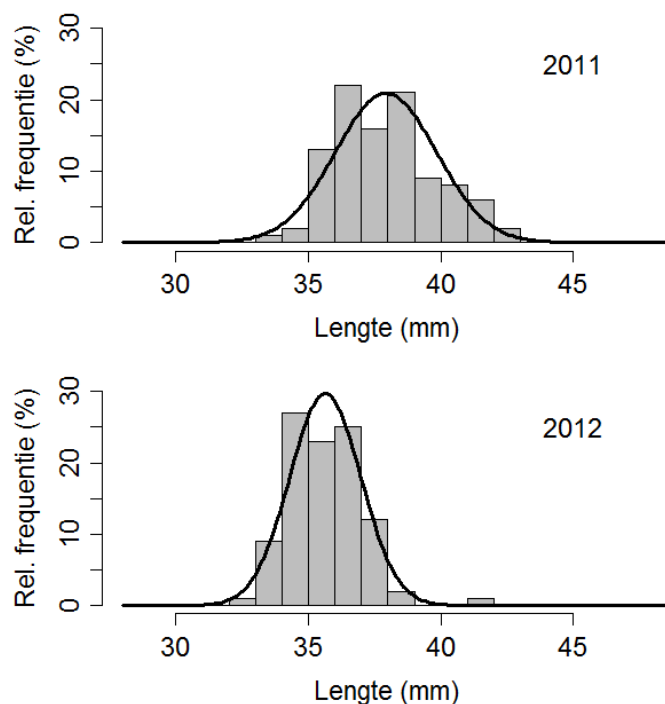
De resultaten zijn uitgezet in tijdreeksen voor 2011 en 2012. Per meting zijn de 25- en 75-percentielen voor alle 5 de locaties berekend om de bandbreedte van de observaties weer te geven. Vervolgens zijn de gemiddelde waarden van de metingen per locatie daar overheen geplot.

Aan het eind van het jaar (3 november in 2011 en 29 oktober in 2012) zijn de verschillen tussen de locaties en ringen getest door middel van een ANOVA gevolgd door een Tukey HSD pairwise post hoc comparison ($\alpha=0.05$). Voor de vleespercentages zijn de resultaten eerst getransformeerd door middel van een arcsinwortel transformatie.

3 Resultaten

3.1 Groeimetingen

3.1.1 Initiële lengteverdeling

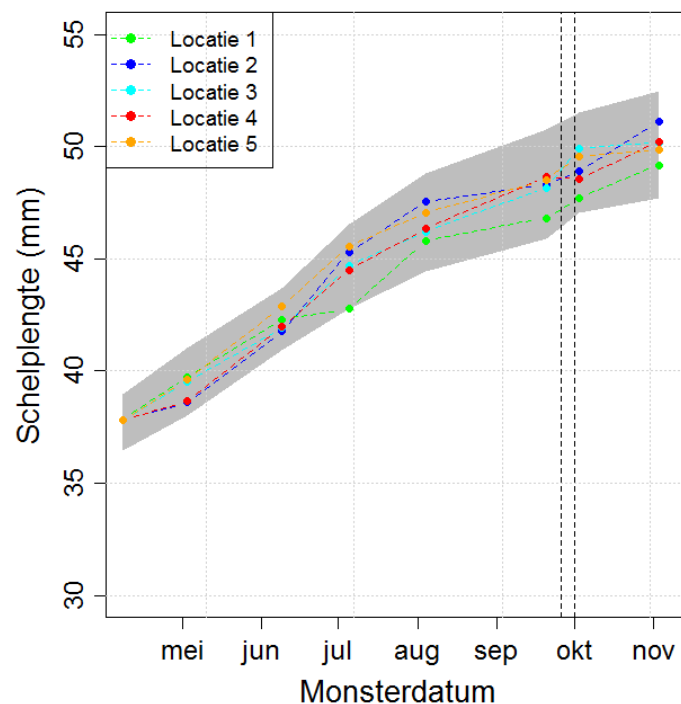


Figuur 6: Relatieve frequentieverdeling van de mosselen aan de start van het experiment. Boven 2011 en onder 2012. De getrokken lijn geeft de normale verdeling weer.

In 2011 was de gemiddelde lengte van de mosselen aan de start van het experiment 37.93 mm (st. dev. 1.91 mm) (Figuur 6 boven). In 2012 was de gemiddelde lengte van de mosselen iets kleiner (35.64 mm, stdev. 1.34 mm) (Figuur 6 onder). Een zo klein mogelijke variatie is van belang om eventuele verschillen in groei tussen de locaties te kunnen detecteren. De kleinere standaard deviatie in 2012 was het resultaat van een strengere selectie van de mosselen die uitgezocht zijn.

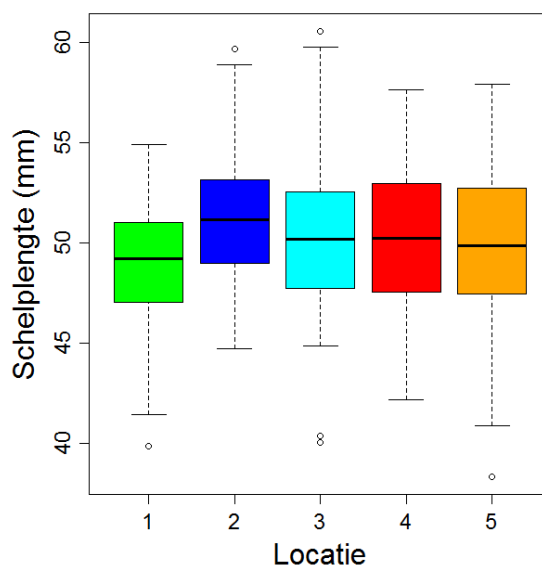
3.1.2 Schelp lengte

In 2011 is er een duidelijke toename in groei waar te nemen op alle 5 locaties (Figuur 7). Aan het begin van het experiment (8 april) was de gemiddelde schelp lengte van de mosselen 37.9 mm. Aan het eind van het experiment (3 november) was de gemiddelde schelp lengte 50.1 mm (stdev. 3.6 mm). Gemiddeld zijn de mosselen dus 12.2 mm gegroeid. Op het moment van de suppletiewerkzaamheden is er geen duidelijke vertraging in de groei te zien. Alleen op locatie 4 is er geen groei waargenomen in deze periode.



Figuur 7: Ontwikkeling schelpengte per locatie in 2011. Het grijze gebied geeft het 25% - 75 % interval van de observaties. Verticale stippellijnen geven de start en het einde van de suppletiewerkzaamheden weer.

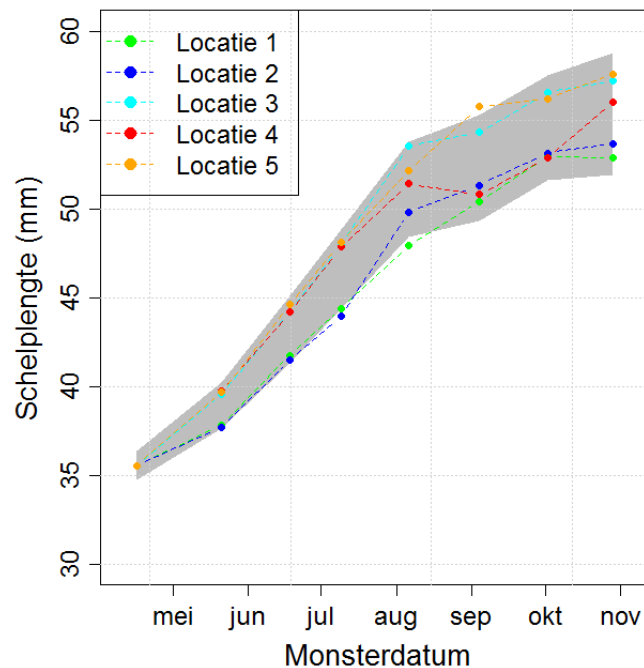
Aan het eind van het experiment (3 november 2011) was de gemiddelde lengte van de mosselen in locatie 2 significant groter dan op locatie 1 ($p=0.002$) (Figuur 8). De verschillen tussen de overige locaties waren niet significant ($p>0.05$). Er was geen verschil in schelpengte tussen de verschillende ringen ($p>0.05$).



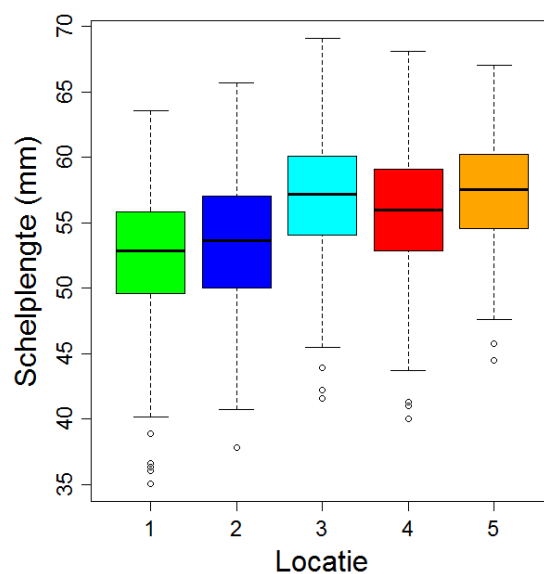
Figuur 8: Boxplots schelpengte aan eind van experiment per locatie in 2011.

In 2012 zijn de mosselen harder gegroeid dan in 2011. Gemiddeld waren de mosselen aan het eind een halve cm groter dan in 2011 (respectievelijk 50.1 en 55.0 mm), terwijl de mosselen aan de start van het

experiment juist iets kleiner waren (Figuur 6). Duidelijk is te zien dat de mosselen op de locaties 3, 4 en 5 aanvankelijk beter groeien dan de mosselen op de locaties 1 en 2 (Figuur 9). Opvallend is de afname in gemiddelde schelpenlengte in augustus 2012 van de mosselen op locatie 4. Aan het eind van het experiment is duidelijk dat de gemiddelde lengte van de mosselen op locatie 1 en 2 significant ($p < 0.05$) kleiner is dan op de locaties 3, 4 en 5 (Figuur 10). De gemiddelde lengte van de mosselen op locatie 4 is significant kleiner dan de mosselen op locatie 5, maar de verschillen tussen locaties 3 en 4 en 3 en 5 zijn niet significant.



Figuur 9: Ontwikkeling schelpenlengte per locatie in 2012. Het grijze gebied geeft het 25% - 75 % interval van de observaties.

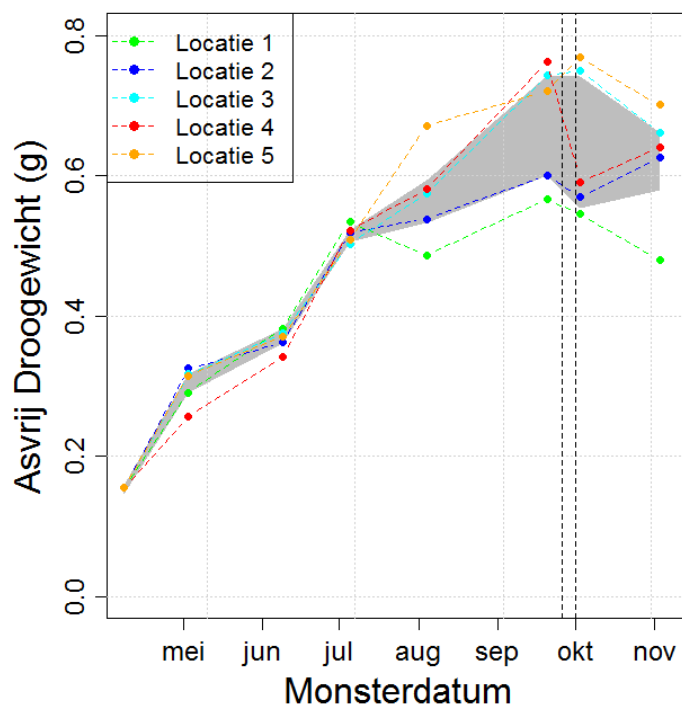


Figuur 10: Boxplots schelpenlengte aan eind van experiment per locatie in 2012.

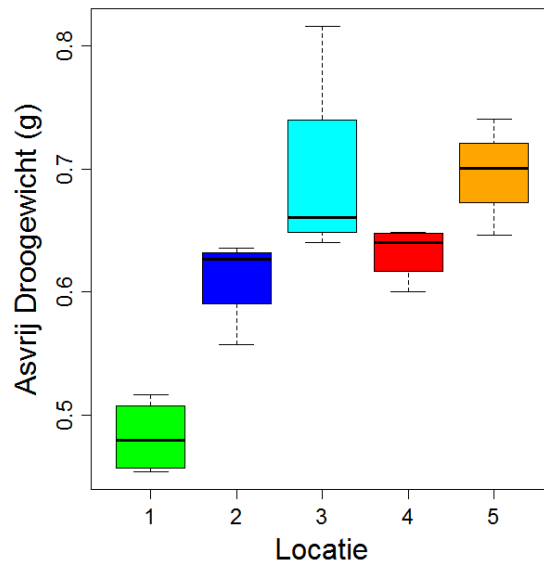
3.1.3 Gewicht

Het asvrij drooggewicht neemt in 2011 op alle locaties snel toe tot juli (Figuur 11). Daarna neemt de toename op de locaties 1 en 2 af ten opzichte van de overige locaties. Opvallend is dat het asvrij drooggewicht op de locaties 1 en 2 en in het bijzonder op locatie 4, afneemt tijdens de suppletiewerkzaamheden. Doordat er op locatie 4 slechts 1 monster is geanalyseerd vlak voor de suppletiewerkzaamheden zit er een grotere onzekerheid op deze waarde. Na de suppletiewerkzaamheden neemt het asvrij drooggewicht op de locaties 2 en 4 weer toe, terwijl de overige locaties afnemen.

Aan het eind van de meetperiode (2 november) in 2011 is het gemiddelde asvrij drooggewicht van de mosselen op locatie 1 significant lager dan de rest (Figuur 12). Het verschil in asvrij drooggewicht tussen de overige locaties is niet significant. Er is geen significant verschil gevonden in het asvrij drooggewicht tussen de verschillende ringen aan het eind van de meetperiode.



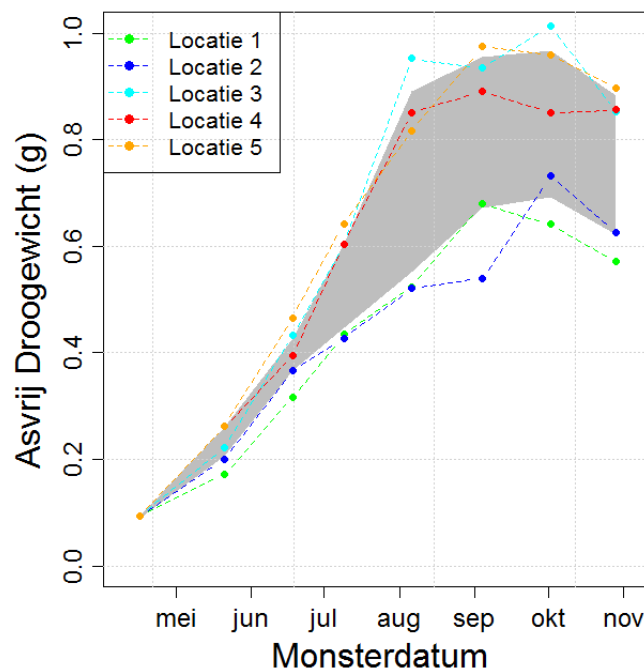
Figuur 11: Ontwikkeling asvrij drooggewicht per locatie in 2011. Het grijze gebied geeft het 25% - 75 % interval van de observaties. Verticale stippellijnen geven de start en einde van de suppletiewerkzaamheden weer.



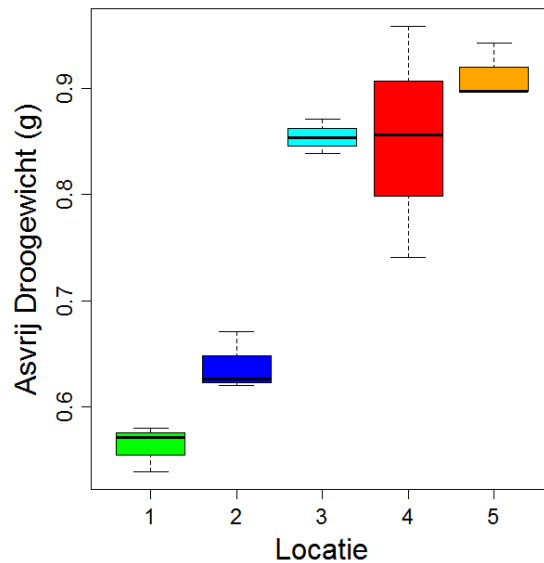
Figuur 12: Boxplots asvrij drooggewicht aan eind van experiment per locatie in 2011.

De groei in asvrij drooggewicht van de mosselen in 2012 is groter dan in 2011 (Figuur 13). Ook in 2012 neemt het asvrij drooggewicht snel toe in het voorjaar. De groei op de locatie 1 en 2 blijft achter bij de groei op locaties 3 tot en met 5. Na augustus stagneert de groei in asvrij drooggewicht op deze locaties. Dit is vooral het geval op de locatie 4.

Aan het eind van de meetperiode is het gemiddelde asvrij drooggewicht op de locaties 1 en 2 significant lager dan op de overige locaties (Figuur 14). Er is geen significant verschil in het asvrij drooggewicht tussen de locaties 3, 4 en 5. Er is geen significant verschil ($p > 0.05$) in asvrij drooggewicht tussen de ringen aan het eind van het jaar.



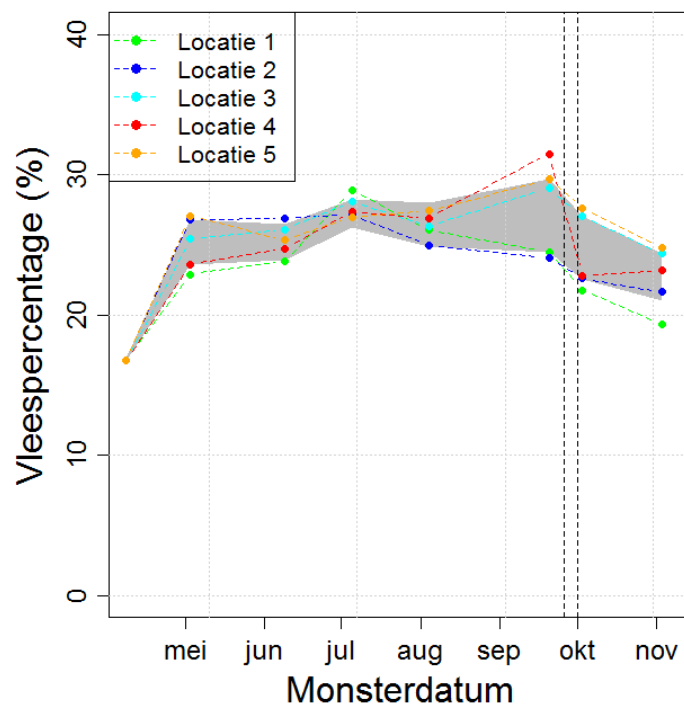
Figuur 13: Ontwikkeling asvrij drooggewicht per locatie in 2012. Het grijze gebied geeft het 25% - 75 % interval van de observaties.



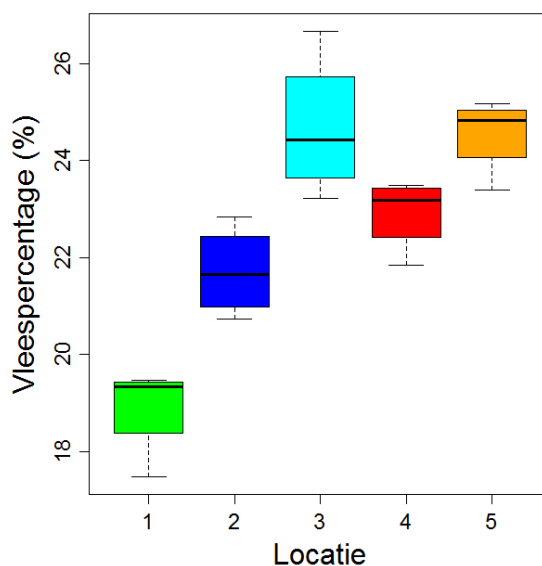
Figuur 14: Boxplots asvrij drooggewicht aan eind van experiment per locatie in 2012.

3.1.4 Vleespercentage

Het vleespercentage kan worden gezien als een maat voor de conditie van de mosselen. In het algemeen neemt het vleespercentage toe in het voorjaar en weer af in het najaar. Vleespercentages worden ook gemeten op de veiling, waar het vleespercentage mede de prijs bepaalt die de kweker er voor krijgt. In 2011 zijn de hoogste vleespercentages gemeten op de locaties 3, 4 en 5 (Figuur 15). Op de locaties 1 en 2 zijn de vleespercentages, zeker in het najaar lager. In de periode van de baggerwerkzaamheden neemt het vleespercentage af op alle locaties. Een vermindering in het vleespercentage in deze periode is normaal omdat er in het najaar weinig voedsel beschikbaar is. Echter, de afname in vleespercentage op locatie 4 van 31.4 naar 22.8% in een tijdsbestek van 2 weken is opvallend. Echter zoals eerder is opgemerkt is waarde vlak voor de werkzaamheden (20 september 2011) slechts gebaseerd op 1 meting, waardoor de onzekerheid van deze meting groot is. Aan het eind van 2011 zijn de laagste vleespercentages aangetroffen op locatie 1. Het vleespercentage op locatie 2 is significant ($p < 0.05$) lager dan op locaties 3 en 5, maar niet lager dan op locatie 4 (Figuur 16). De verschillen tussen locatie 3, 4 en 5 zijn niet significant ($p > 0.05$).

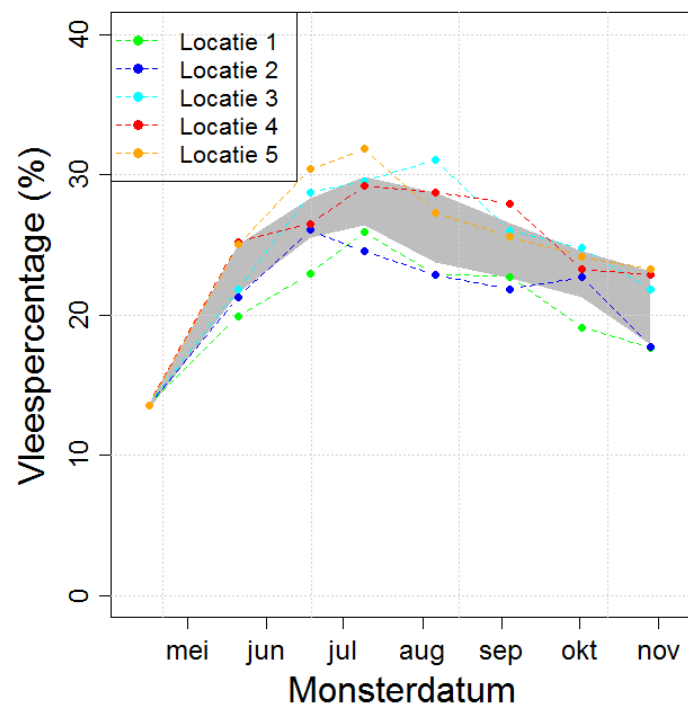


Figuur 15: Ontwikkeling vleespercentage per locatie in 2011. Het grijze gebied geeft het 25% - 75 % interval van de observaties. Verticale stippellijnen geven de start en einde van de suppletiewerkzaamheden weer.

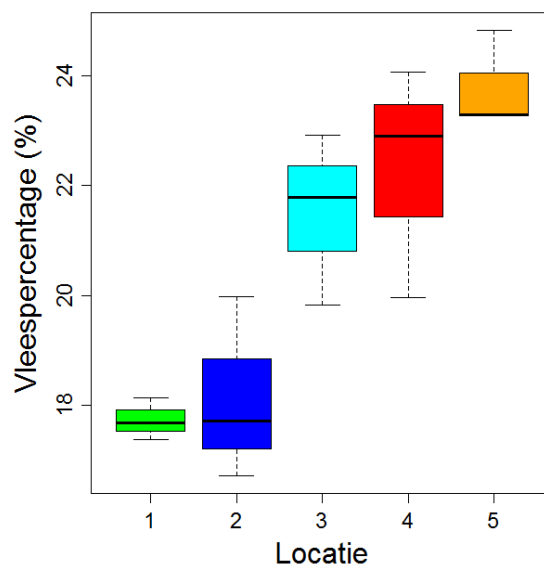


Figuur 16: Boxplots vleespercentage aan eind van experiment per locatie in 2011.

In 2012 vertoont het vleespercentage een duidelijk maximum in de zomerperiode (Figuur 17). Ook in dit jaar worden de hoogste vleespercentages gevonden op de locaties 3, 4 en 5. Dit is ook terug te zien in de vleespercentages aan het eind van 2012 (Figuur 18). Het gemiddelde vleespercentage op de locaties 1 en 2 is significant lager dan locaties 4 en 5. De verschillen tussen de ringen, zowel in 2011 als in 2012 zijn niet significant. Dat betekent dat de mosselen in de onderste ringen van de torens, dicht bij de bodem even hard zijn gegroeid als de mosselen verder van de bodem.



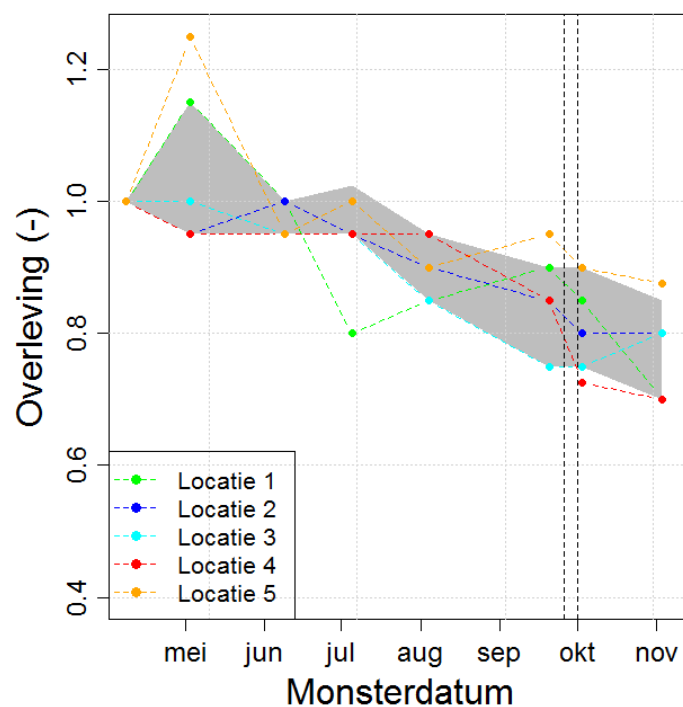
Figuur 17: Ontwikkeling vleespercentage per locatie in 2012. Het grijze gebied geeft het 25% - 75 % interval van de observaties.



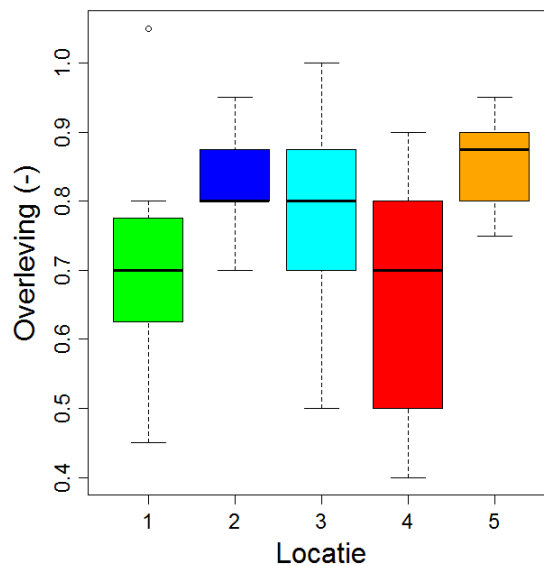
Figuur 18: Boxplots vleespercentage aan eind van experiment per locatie in 2012.

3.1.5 Overleving

De overleving van de mosselen is berekend aan de hand van het aantal mosselen dat er nog in een bakje zat. Aan het begin van de meting zijn er in ieder bakje 20 mosselen gegaan. Uit de analyse van de resultaten blijkt dat er in sommige gevallen meer dan 20 mosselen in een bakje terecht zijn gekomen, waardoor de berekende overleving groter dan 1 is. Waarschijnlijk is dit veroorzaakt doordat tijdens het bemonsteren mosselen van het ene bakje in een ander bakje binnen dezelfde ring zijn gekomen doordat ze zich aan het deksel van de ring hebben gehecht met hun byssus draden. Hierdoor zijn de individuele waarnemingen minder betrouwbaar. Het overall patroon geeft wel een duidelijk beeld (Figuur 19). In 2011 is er een duidelijke afname in overleving over de tijd. Tijdens het moment van de baggerwerkzaamheden zien we een relatief sterke afname op locatie 4 van 0.85 naar 0.72. Ook hier geldt dat de meting voor de werkzaamheden slechts zijn gebaseerd op 1 monster, en daardoor minder betrouwbaar is. Bij de laatste meting op 3 november was de gemiddelde overleving 0.77 (stdev. 0.15) (Figuur 20). De gemiddelde overleving op locatie 4 was significant lager dan de overleving op de locaties 1 en 5 ($p < 0.05$). Verder zijn de verschillen niet significant.

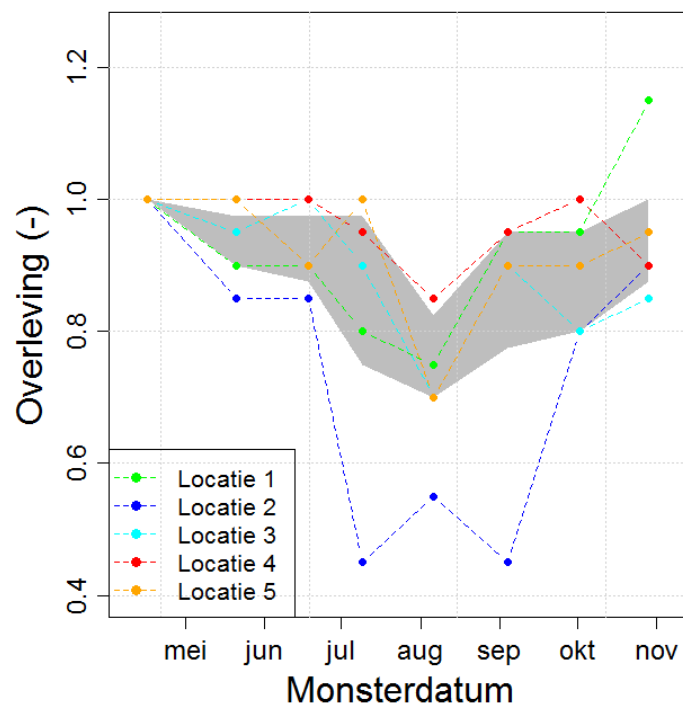


Figuur 19: Ontwikkeling overleving per locatie in 2011. Het grijze gebied geeft het 25% - 75 % interval van de observaties.

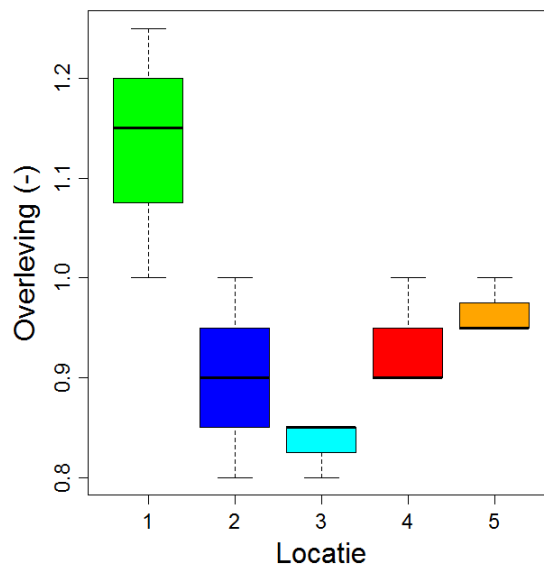


Figuur 20: Boxplots overleving aan eind van experiment per locatie in 2011.

In 2012 valt voor de locatie 2 op dat het aantal mosselen per monster in de maanden juli, augustus en september zeer laag zijn (Figuur 21). Dat dit op toeval berust blijkt uit het feit dat de monsters in oktober en november weer een overleving hebben van meer dan 0.8. Aan het eind van het jaar, 29 oktober, is de gemiddelde overleving 0.95 (stdev. 0.12). Dit is hoger dan de gemiddelde overleving van de mosselen in 2011. De overleving op locatie 1 is significant hoger dan op de locaties 2, 3 en 4 (Figuur 22).



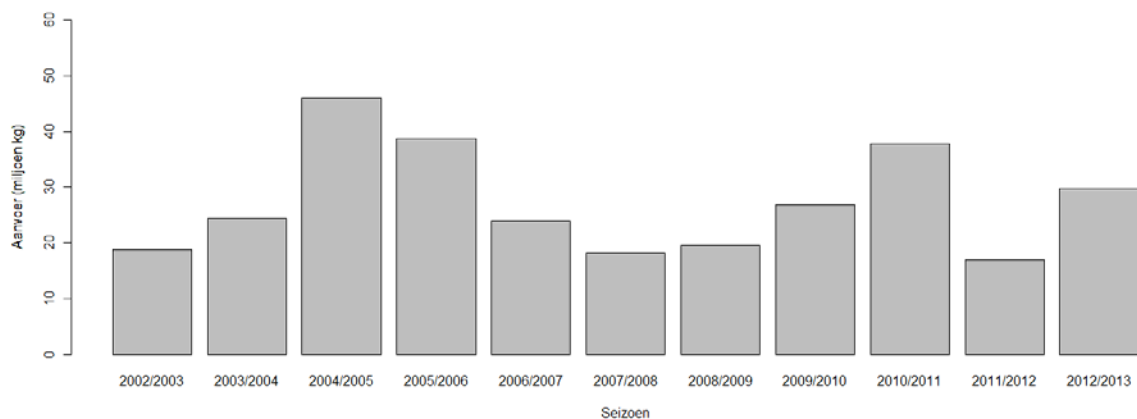
Figuur 21: Ontwikkeling overleving per locatie in 2012. Het grijze gebied geeft het 25% - 75 % interval van de observaties.



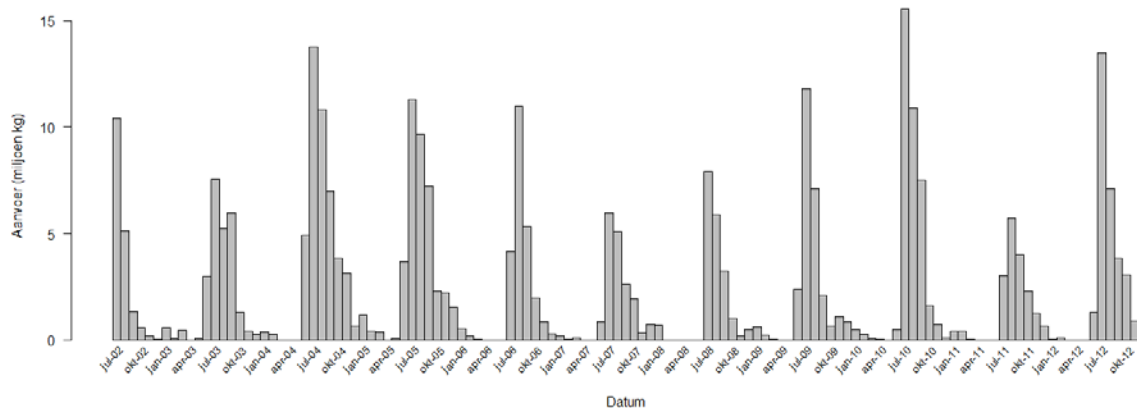
Figuur 22: Boxplots overleving aan eind van experiment per locatie in 2012.

3.2 Veilinggegevens

Gemiddeld wordt er sinds 2002/2003 per seizoen ongeveer 27.4 miljoen kg mosselen aangevoerd uit de Oosterschelde (Figuur 23). De aanvoer was het grootst in het seizoen 2004/2005 (46.1 miljoen kg) en het laagst in het seizoen 2011/2012 (16.9 miljoen kg). De seizoenen pieken in juli, augustus en september. In de winter en het voorjaar is er een zeer beperkte levering.

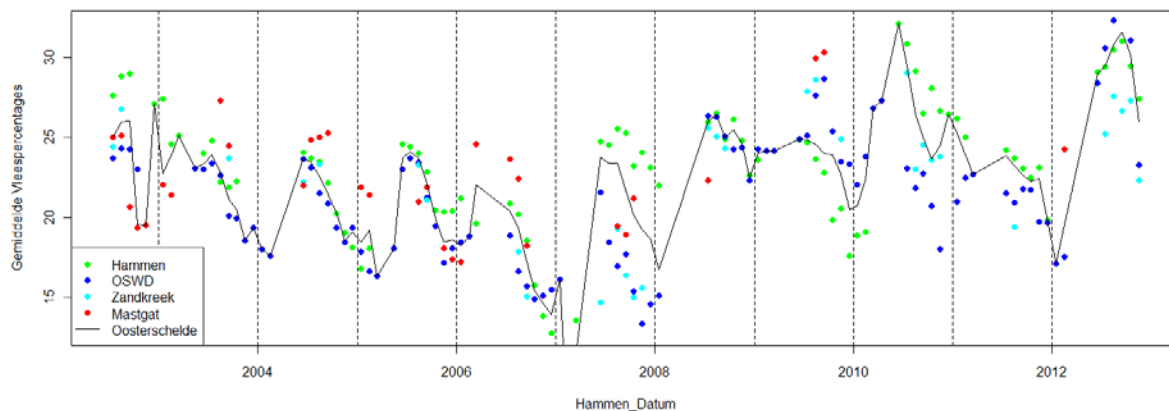


Figuur 23: Totale (bruto) aanvoer van mosselen uit de Oosterschelde naar de veiling per jaar. NB het seizoen 2012/2013 loopt tot en met november 2012.

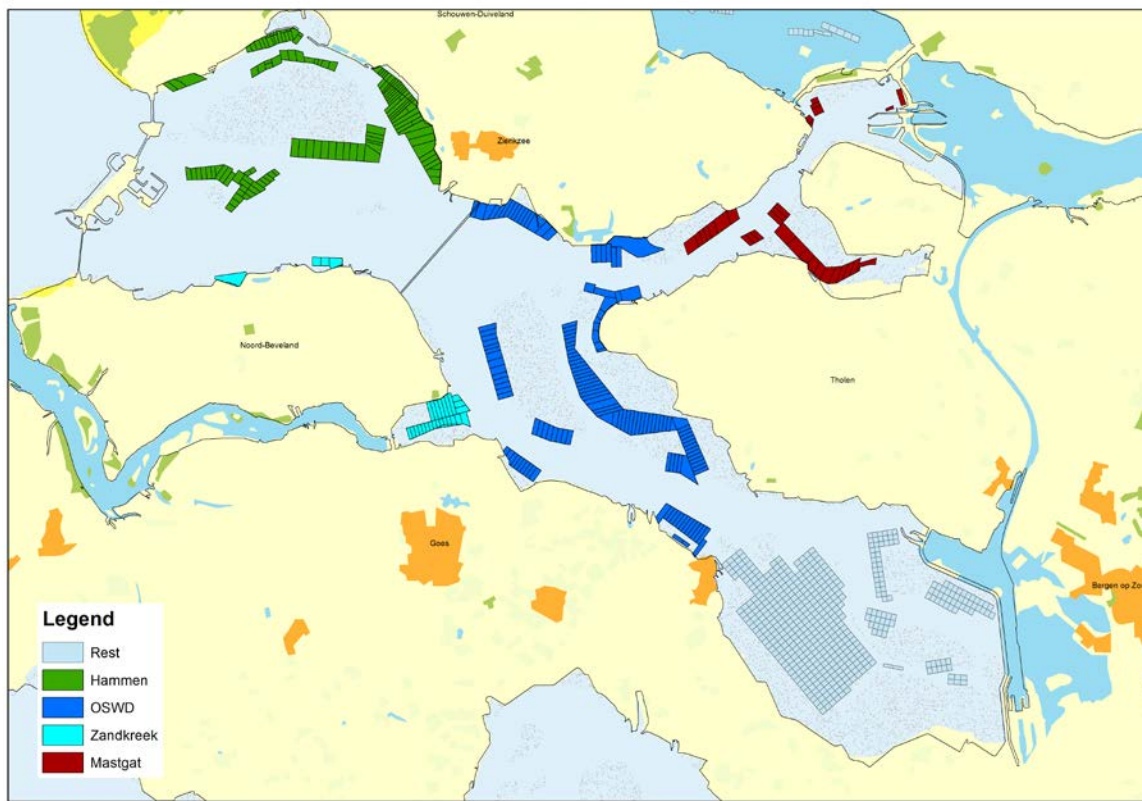


Figuur 24: Totale (bruto) aanvoer van mosselen uit de Oosterschelde naar de veiling per maand.

De kwaliteit van de mosselen uit de Oosterschelde varieert ook sterk van jaar tot jaar en door het seizoen. De vleespercentages van de mosselen uit de Oosterschelde waren zeer laag in 2006 en 2007. In de volgende jaren heeft het vleespercentage zich hersteld. Vooral 2010 en 2012 waren goede jaren qua visgewichten in de Oosterschelde. Het vleespercentage is doorgaans hoog aan het begin van het seizoen (zomer) en neemt af in het najaar. In 2010 en 2011 was het gemiddelde vleespercentage van de mosselen uit de Hammen hoger dan uit OSWD (Figuur 25, Figuur 26). De levering van consumptiemosselen uit het Mastgat is zeer beperkt omdat dit gebied voornamelijk wordt gebruikt voor halfwas mosselen.

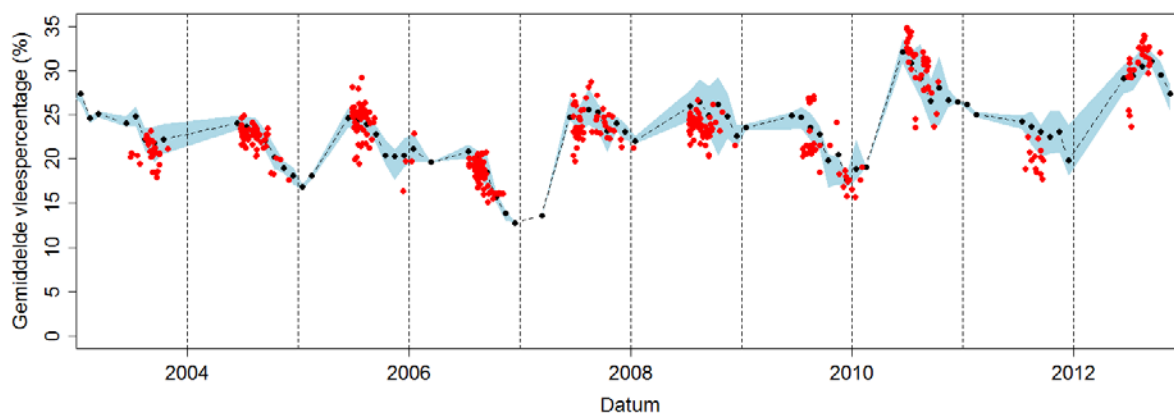


Figuur 25: Gewogen gemiddelde van de vleespercentages van de geleverde mosselen aan de veiling uit de verschillende perceelgebieden (Figuur 26) in de Oosterschelde (groen: Hammen, blauw OSWD, cyaan: Zandkreek en rood: Mastgat) t.o.v. de volledige Oosterschelde (getrokken lijn).



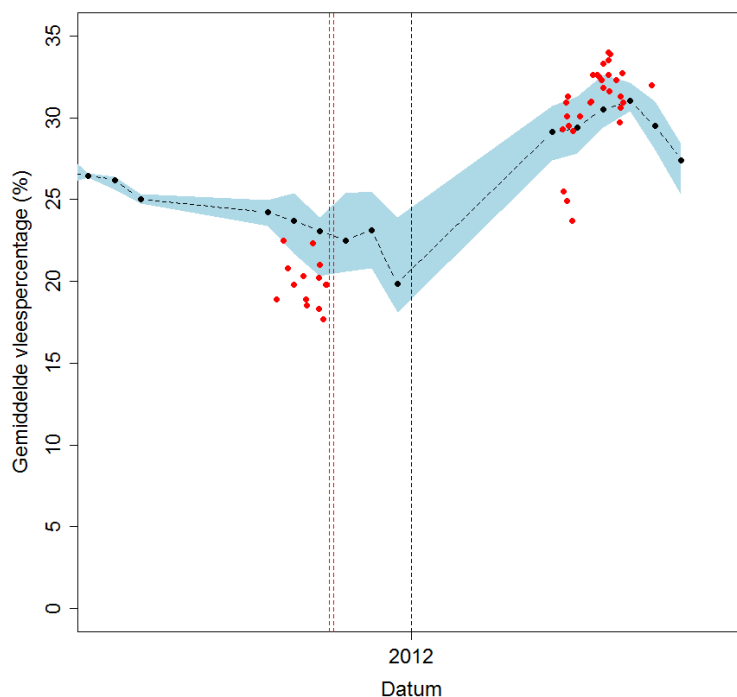
Figuur 26: Ligging verschillende perceelgebieden in de Oosterschelde.

De percelen Hammen 19 tot en met Hammen 30 liggen in het onderzoeksgebied en kunnen potentieel zijn beïnvloed door de suppletiewerkzaamheden. In Figuur 27 zijn de vleespercentages van de leveringen van de percelen Hammen 19 tot en met Hammen 30 uitgezet tegen het gewogen gemiddelde vleespercentage van alle leveringen uit de Hammen. Uit deze figuur (en ook de uitvergroting hiervan voor de jaren 2011 en 2012, Figuur 28) blijkt dat vooral in 2011 de vleespercentages van de leveringen uit het onderzoeksgebied aanzienlijk lager zijn dan gemiddeld. De meeste leveringen uit het onderzoeksgebied in 2011 behoren tot de 25% met de laagste vleespercentages. In 2012 lijken de vleespercentages zich weer te hebben hersteld. Drie leveringen in 2012 uit het onderzoeksgebied hebben een opvallend laag vleespercentage (<25%). Deze drie leveringen 2012 komen allen van eenzelfde perceel. De overige leveringen in 2012 uit het onderzoeksgebied komen overeen met het gemiddelde in de Hammen en behoren veelal zelfs tot de 25% met de hoogste vleespercentages.



Figuur 27: Vleespercentages van de leveringen uit de percelen Hammen 19 tot en met Hammen 30 (rode punten) ten opzichte van het totaal van leveringen uit de Hammen (zwarte bollen: gemiddeld, blauw gebied: 25-75 percentiel).

Uit Figuur 28 blijkt dat de lage vleespercentages die zijn geleverd in 2011 uit het onderzoeksgebied allemaal zijn geleverd voordat de suppletiewerkzaamheden zijn uitgevoerd. Er is dan ook geen sprake van een directe relatie tussen de lage vleesgewichten en de baggerwerkzaamheden. Mogelijk hebben de suppletiewerkzaamheden er wel toe geleid dat de kwekers hun mosselen hebben aangevoerd anticiperend op de komende werkzaamheden.



Figuur 28: Uitvergroting van Figuur 27 voor de jaren 2011 en 2012. De rode stippellijnen markeren de periode van baggeren. De zwarte stippellijn geeft het begin van 2012 weer.

4 Conclusie en discussie

De resultaten van de metingen van mosselgroei geven geen duidelijke indicatie van een acuut effect van de suppletiewerkzaamheden. Op locatie 4 neemt het gewicht en de conditie van de mosselen sterk af op het moment van de suppletie, echter de betrouwbaarheid van de meting op deze locatie vlak voor de baggerwerkzaamheden is gering omdat het gebaseerd is op slechts een monster van 20 mosselen. De kweker van het perceel Hammen 25, dat direct naast meetlocatie 4 ligt heeft ook melding gemaakt van grote sterfte op zijn perceel in deze periode. Er is dus mogelijk wel degelijk wat aan de hand geweest met de mosselen in de buurt van locatie 4 in die periode. Het is echter vreemd dat een dergelijk effect niet wordt geobserveerd op locatie 3 (laat staan locaties 1 en 2), welke dicht bij de suppletiewerkzaamheden liggen. De verwachting zou zijn dat een eventueel effect van de werkzaamheden eerder op die locaties zou worden geobserveerd. Het is op basis van deze gegevens daarom niet mogelijk om de geobserveerde effecten op deze locatie direct te relateren aan de suppletiewerkzaamheden.

In de periode voor, tijdens en na de suppletiewerkzaamheden zijn door de aannemer de zwevend stof concentraties gemeten op drie locaties (Figuur 29); één locatie in de baai van de Schelphoek (blauwe ster in Figuur 29) en twee referentielocaties, in de buurt van de mosselpercelen aan de buitenkant van de Schelphoek (groene en oranje ster in Figuur 29). Uit deze metingen blijkt dat de zwevend stof concentraties sterk afhankelijk zijn van het getij en de weerscondities. In de periode voorafgaand aan de suppletiewerkzaamheden worden piekconcentraties zwevend stof van 40 NTU ($\approx 80 \text{ mg l}^{-1}$) gemeten buiten de baai (Van Zanten, 2013). In de baai is op twee momenten een licht verhoogde concentratie aan zwevend stof gemeten direct na suppleren. De gemeten concentraties stegen op 27 september 2011 naar 13 NTU ($\approx 26 \text{ mg l}^{-1}$) en op 1 oktober 2011 naar 9 NTU ($\approx 18 \text{ mg l}^{-1}$) (Van Zanten, 2013). Opvallend is dat de concentraties zwevend stof in de baai tijdens de suppletieperiode lager waren dan op de referentielocaties, in de buurt van de mosselpercelen, terwijl er in de periode voor de suppletie geen eenduidig verschil was waar te nemen tussen de drie locaties. Mogelijk heeft dit met de aanlanding van het baggerschip te maken aan de buitenzijde van de Schelphoek, maar de zwevend stof concentraties kunnen daar geen uitsluitsel over geven. Weersomstandigheden kunnen hierbij ook een rol hebben gespeeld. In de periode van de werkzaamheden was het relatief rustig weer zodat lokale stroomsnelheden een belangrijke factor zijn voor de zwevend stof concentraties. De relatief lage zwevend stof concentraties in de baai tijdens de suppletieperiode zijn dan ook waarschijnlijk het gevolg van de lage stroomsnelheden in het gebied. Op basis van de metingen aan zwevend stof is geconcludeerd dat op de meetpunten buiten de baai, boven de gebruikte percelen, geen verhoging van de zwevend stof concentratie is gemeten als gevolg van de suppletiewerkzaamheden (Van Zanten, 2013). Een van deze meetlocaties lag op de perceelgrens van het perceel Hammen 25, tegenover meetlocatie 4 van de voorliggende studie.



Figuur 29: Ligging van de meetlocaties voor het zwevend stof ten opzichte van de percelen en de meetlocaties voor de mosselgroei. Meetlocatie blauw licht in de baai van de Schelphoek. Meetlocaties groen en oranje liggen erbuiten.

De mosselen die in 2011 worden geleverd aan de veiling vanaf de percelen uit het onderzoeksgebied (Hammen 19 tot en met Hammen 30) hebben een zeer laag vleespercentage ten opzichte van de leveringen van de overige percelen uit de Hammen. Echter alle leveringen uit het onderzoekgebied zijn gedaan voor de baggerwerkzaamheden. Mogelijk hebben de kwekers niet het risico willen nemen dat de mosselen negatief zouden worden beïnvloed door de baggerwerkzaamheden en hebben hun mosselen naar de veiling gebracht voordat de werkzaamheden plaatsvonden. In 2012 waren de leveringen (met uitzondering van een 3-tal leveringen van één perceel in het onderzoeksgebied) juist zeer goed in vergelijking met de rest van de percelen in de Hammen.

De groei van de mosselen in de torens was over het algemeen goed. In 2012 was de groei beter dan in 2011. Dit reflecteert ook de resultaten van de veilinggegevens uit het onderzoeksgebied. Binnen het gebied van de Schelphoek bleef de groei van de mosselen achter. Dit is waarschijnlijk het gevolg van een beperkte wateruitwisseling in het gebied in vergelijking met de locaties aan de buitenzijde die dicht tegen de stoomgeul liggen. De monitoring van mosselgroei in torens lijkt een effectieve en goede methode te zijn om de effecten van verschillende omgevingscondities op de groei en ontwikkeling van de mosselen te meten.

Uit het onderzoek blijkt dat het van groot belang is dat er uniform uitgangsmateriaal worden gebruikt in de manden. Hoe kleiner de variatie, hoe groter de kans dan eventuele verschillen aangetoond kunnen worden. Aan het begin is er sterk geselecteerd op mosselen van gelijke lengte. Hoe minder variatie aan het begin van het experiment, hoe beter eventuele verschillen kunnen worden aangetoond.

5 Kwaliteitsborging

IMARES beschikt over een ISO 9001:2008 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem (certificaatnummer: 124296-2012-AQ-NLD-RvA). Dit certificaat is geldig tot 15 december 2015. De organisatie is gecertificeerd sinds 27 februari 2001. De certificering is uitgevoerd door DNV Certification B.V. Daarnaast beschikt het chemisch laboratorium van de afdeling Vis over een NEN-EN-ISO/IEC 17025:2005 accreditatie voor testlaboratoria met nummer L097. Deze accreditatie is geldig tot 1 april 2017 en is voor het eerst verleend op 27 maart 1997; deze accreditatie is verleend door de Raad voor Accreditatie.

6 Referenties

- De Mesel, I., J. Craeymeersch, J. W. M. Wijsman en A. Van Gool (2009) Proefsuppletie Galgenplaat Oosterschelde. Monitoring effect op productiviteit van mosselpercelen. Eindrapport. Wageningen IMARES, Rapport nummer: C143/09, 39 pagina's.
- Van Zanten, E. en L. A. Adriaanse (2008) Verminderd getij. Verkenning naar mogelijke maatregelen om het verlies van platen, slikken en schorren in de Oosterschelde te beperken. Rijkswaterstaat, Rapport, 80 pagina's.
- Van Zanten, E. (2013) Evaluatie fysieke zwevende stof en sedimentatiemetingen voor de risicobeheersing Schelpdierkweek bij de proef Schelphoek, Rapport, 13 pagina's.
- W&B (2010) Monitoringsplan proef schelphoek. Witteveen en Bos, Rapport nummer: RW1809-28-10, 36 pagina's.
- W&B (2011) MIRT Verkenning Zandhonger Oosterschelde Notitie Reikwijdte en Detailniveau. Witteveen en Bos, Rapport, 42 pagina's.
- Wijsman, J. W. M., M. Dedert, T. Schellekens, L. Teal en Y. J. G. Van Kruchten (2012) Adaptive Monitoring Strategies in dredging; Case Study Mussels – Modeling the effect of dredging on filter-feeding bivalves. IMARES, Ecoshape, Rapport nummer: C123/12, 52 pagina's.

Verantwoording

Rapport: C064/13
Projectnummer: 11430251

Dit rapport is met grote zorgvuldigheid tot stand gekomen. De wetenschappelijke kwaliteit is intern getoetst door een collega-onderzoeker en het betreffende afdelingshoofd van IMARES.

Akkoord: Dr. P. Kamermans
Senior onderzoeker Delta

Handtekening:



Datum: 24 mei 2013

Akkoord: Dr. B.D Dauwe
Hoofd afdeling Delta

Handtekening:



Datum: 24 mei 2013